Zur Schätzung des Lebensalters an den Rippenknorpeln

MICHAEL-MATTHIAS KRAMER

Düsseldorf 1978

1979

Aus dem Institut für Gerichtliche Medizin der
Medizinischen Einrichtungen der Universität
Düsseldorf
Direktor Professor Dr. H. Schweitzer

Zur Schätzung des Lebensalters an den Rippenknorpeln

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von
Michael-Matthias Kramer
1978

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf
gez. Prof. Dr. Reinauer

Referent
gez. Prof. Dr. Reh

Korreferent
gez. Prof. Dr. Dr. Pfitzer

Inhaltsverzeichnis

A.	Einleitung	Seite 3
B.	Morphologie und Pathogenese der Rippenknorpelverhärtung	3
C.	Bisherige Untersuchungen	6
D.	Eigene Untersuchungen	
	I. Material und Methode	15
	II. Untersuchungsergebnisse	18/20
E.	Diskussion	28
F.	Zusammenfassung	32
G.	Literaturverzeichnis	33

UNIV. LEIDEN BIBL.

A. Einleitung

Bei Leichenöffnung wird normalerweise routinemäßig die Härte der Rippenknorpel geprüft, indem man den Grad der Schneidbarkeit mit dem Knorpelmesser feststellt. Der Verhärtungsgrad an der Knorpelknochengrenze wird in der gerichtsmedizinischen Praxis neben anderen altersabhängigen Veränderungen zur Schätzung des Lebensalters einer unbekannten verstorbenen Person herangezogen unter der Voraussetzung, daß mit steigendem Lebensalter die Schneidbarkeit der Rippenknorpel in der Regel abnimmt.

Anhand von 1106 Obduktionsprotokollen aus dem Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Düsseldorf habe ich versucht, den zeitlichen Ablauf des natürlichen Verhärtungsprozesses zu ermitteln, um darauf evtl. eine Altersbestimmung zu stützen.

B. Morphologie und Pathogenese der Rippenknorpelverhärtung

Anatomisch scheint es sich bei der Rippenknorpelverhärtung zunächst um einen Wasserverlust des Gewebes und eine Einlagerung von Kalksalzen, Cholesterin und Plasmaeiweißkörpern zu handeln (BENNINGHOFF; BÜRGER; BÜRGER u. SCHLOMKA; GOUBEAUD; KRÖZ u. BUDDECKE). Als Folge dieser Verdichtungsvorgänge kann knöcherne Metaplasie des Knorpels auftreten (BÜRGER u. SCHLOMKA; KING; BREUL).

Verkalkung und Verknöcherung können nebeneinander vorlieger oder aufeinander folgen. Röntgenologisch lassen sich beide nicht immer voneinander unterscheiden. Die meisten Autoren gebrauchen die Begriffe Verknöcherung und Verkalkung als Synonyme oder sprechen nur von "Verknöcherung" ohne damit ein anatomisches Substrat zu bezeichnen. - Bei den eigenen Untersuchungen verwende ich den Begriff Verhärtung, die Methode der Widerstandsprüfung sagt nichts über den zugrunde liegenden anatomischen Prozeß aus.-

Die Ursache der degenerativen Veränderung ist in der Be-

hinderung der Diffusion durch das Dickenwachstum des Knorpels während des Lebens zu suchen. Dadurch kommt es zu Ernährungsstörungen der Chondrocyten und Veränderungen der Molekularstruktur und Zusammensetzung der Mucopolysaccharide der Knorpelgrundsubstanz (nach PLATT), kollagene Fibrillen werden sichtbar (Asbestfaserung). Diese beginnt etwa mit dem 30. Lebensjahr (BENNINGHOFF).
Die Cholesterinanreicherung ist subperichondral am stärksten und nimmt zum Zentrum allmählich ab. Bei Auftreten einer zentralen Vaskularisation zeigt sich eine zweite Ablagerungszone, die in der unmittelbaren Umgebung des Gefäßes am ausgeprägtesten ist und zur Knorpelperipherie hin abnimmt. Der Cholesteringehalt nimmt bis zum 40. Lebensjahr zu, später nicht mehr (BÜRGER u. SCHLOMKA).

Calciumsalze erscheinen zunächst in der Nachbarschaft der Zellen in Gestalt kleiner Krümel (BENNINGHOFF). Der Kalksalzgehalt steigt bis zum 6. und 7. Jahrzehnt an (BÜRGER u. SCHLOMKA). Ob im höheren Alter ein weiterer Anstieg erfolgt, konnten die Autoren nicht feststellen.

Nach röntgenologischen Untersuchungen von FISCHER; FULLY u. DEHOUVE; KÖHLER und STEHR beginnen die Verdichtungsprozesse an der Knorpelknochengrenze und an den sternalen Enden der Rippenknorpel. Dann verdichtet sich ein Streifen längs des Knorpelunterrandes, anschließend längs des Oberrandes und schließlich ergreift der Prozeß die zentralen Knorpelanteile (LANGE; SCHULTZE; BENNINGHOFF). VASTINE u. Mitarb. beschrieben allerdings eine zentrale Verdichtung, erst später trete sie in den kostalen und sternalen Enden auf. Verschiedene Verdichtungsformen wurden nachgewiesen (ERNST; FISCHER; NAVANI u. Mitarb.). Der Verhärtungsprozeß tritt nicht an allen Knorpeln unterhalb der ersten Rippe gleichmäßig ein, über die Reihenfolge gibt es unterschiedliche Angaben.

Unterschiede in Verkalkungsform, -stärke und -eintritt wurden für das männliche und weibliche Geschlecht gefunden. Nach NAVANI u. Mitarb. sind die Verkalkungsmuster so verschieden, daß man an Hand dieser eine Geschlechtsbestimmung durchführen kann. Bei Männern trete überwiegend eine marginale und bei Frauen eine zentrale Verkalkung auf. Damit übereinstimmend bezeichnete FISCHER die enchondrale Verdichtung als weiblichen Typ. Bei der Frau soll die Verkalkung früher beginnen als beim Mann, bei dem sie aber intensiver ablaufe und im Alter höhere Grade erreiche. Bei Frauen seien geringere Verkalkungsgrade häufiger, beim Mann die stärkeren. Bei hochgradiger Verkalkung aller Rippenknorpel finde sich kein Geschlechtsunterschied (ERNST; FISCHER; HEINRICH; HUYSSEN; RIST, GALLY u. TROCMÉ).

Der Verhärtungsvorgang an den Knorpeln des ersten Rippenringes nimmt wohl eine Sonderstellung ein. Hier fanden

die meisten Untersucher die früheste, häufigste und ausgeprägteste Verkalkung (HEINRICH; FISCHER; STEHR; ERNST), außerdem Formen, die an den anderen Rippenknorpeln nicht auftraten (FISCHER). Durch Ausbildung zweier neuer gelenkartiger Spalten, die in keinem Zusammenhang mit den ursprünglichen Rippen-Knorpel-und Knorpel-Brustbeinverbindungen stehen, soll sich ein neues Skelettstück, eine rudimentäre Knochenanlage (Intermediärstück nach BÜRGER) ausbilden (HEINRICH; STEHR). Betroffen sind nach HEINRICH bei Männern fast 90%, bei Frauen rund 81 %.

Nach radiologischen Untersuchungen von VASTINE u. Mitarb. an Thoraces von eineiigen Zwillingen ist die Rippenknorpelverknöcherung in Form, Ausmaß und Eintrittsalter ein genetisch determinierter Vorgang -nach FISCHER handelt es sich um geschlechtsgebundene Faktoren- der wenig von anderen Prozessen beeinflußt wird. An den Rippenknorpeln eineiiger Zwillinge fand sich eine fast vollständige Übereinstimmung der Verknöcherungsmuster. Die Rolle anderer Einwirkungen bleibt in der Literatur widersprüchlich.

Nach KÖHLER stelle sich die Verknöcherung an den meist beanspruchten Rippenknorpeln zuerst ein und sei auch dort am stärksten. Ebenso auf Belastung wäre die frühzeitige Verkalkung der Ober- und Unterkanten der Rippenknorpel zurückzuführen (ERNST). FISCHER fand allerdings bei einseitiger Belastung einer Thoraxhälfte keine Seitendifferenz in der Verknöcherung, ebenso keine Übereinstimmung der Verkalkungsmuster an den Rippenbögen, an denen die Belastung durch die ansetzenden Bauchmuskeln gleichgroß ist. SCHULTZE dagegen sah in Inaktivität bei Ruhigstellung die Ursache der Verknöcherung. Nach BENNINGHOFF findet die Durchsaftung des Knorpels und damit die Ernährung bei mechanischer Beanspruchung statt. Bewegungsmangel könnte somit zu Ernährungsstörungen und in deren Gefolge zur Verkalkung führen.

Zu verschiedenen Schädigungen und Erkrankungen besonders der Thoraxorgane wurden Zusammenhänge hergestellt. WIESNER schuldigte Röntgenstrahlen als Ursache frühzeitiger Verkalkung an, andere Autoren versuchten Verbindungen zur Lungentuberkulose zu finden (ERNST; FREUND; MOGGI; WERNSCHEID). Schon RIEBEL konnte dies widerlegen.

Bei Lungenemphysem seien die Rippenknorpel "mehr oder weniger" verkalkt (HAMPERL). Ob hier die verminderte Rippenbewegung die Knorpelverhärtung fördert, erscheint ungeklärt.

Die häufige Koinzidenz von Gallen- und Nierensteinen und Verknöcherung der abdominellen Rippenknorpel ist nach STEHR zufällig, bedingt durch die häufige Mitdarstellung der caudalen Rippen bei diagnostischen Röntgenaufnahmen in diesem Bereich.

Zusammenhänge mit Arteriosklerose (HUYSSEN) lassen sich auf den synchronen Ablauf der Verdichtungsvorgänge in den bradytrophen Geweben zurückführen, ohne daß angenommen werden muß, daß Arteriosklerose eine Rolle in der Ätiologie der Rippenknorpelverknöcherung spielt (BÜRGER u. SCHLOMKA; ERNST).

Bei Morbus Scheuermann, traumatischen Wirbelsäulenschäden (IMHÄUSER) und bei Spondylitis ankylopoetica (FULLY u.DEHOUVE) soll frühzeitige Verknöcherung der Rippenknorpel auftreten. Nach HEINRICH ist bei verstärkter Verknöcherung die senile Osteoporose besonders ausgeprägt.

Bei Mineralstoffwechselstörungen ließen sich keine Besonderheiten finden (FISCHER); bei erhöhten Serum-Calciumspiegeln, so bei Hyperparathyreoidismus, und bei chronischen Fluorintoxikationen (MOLLER) trete keine verstärkte Verknöcherung auf.

Menschen mit schwerer körperlicher Arbeit sollen einen höheren Anteil an verkalkten Rippenknorpeln aufweisen als solche, die in ihrem Beruf weniger körperlich belastet würden (ERNST).

Bei syphilitischen Patienten fand RIEBEL ausgedehntere Verkalkung häufiger, besonders im höheren Lebensalter.

Im Tierexperiment förderten Sexualhormone regressive Veränderungen an Rippen- und Gelenkknorpeln, speziell die Calcifizierung. Ausgeprägte Wirkung scheinen Oestrogene, weniger stark das Testosteron zu haben (SILBERBERG u. SILBERBERG). Die Stärke der Veränderungen kann dosisabhängig sein (SIMPSON et al).

Bei adrenogenitalem Syndrom findet sich neben vorzeitiger Skelettreife häufig eine hochgradige vorzeitige Rippenknorpelverkalkung (BIERICH). Auch eine Hyperthyreose kann von Bedeutung sein (ERNST).

C. Bisherige Untersuchungen

Bei den zitierten Arbeiten handelt es sich größtenteils um radiologische Untersuchungen, teilweise auch um

chemische, anatomische und klinische [1]. Aus der gerichtsmedizinischen Literatur (BERG; FORSTER u. ROPOHL; PONSOLD; PROKOP;MUELLER; WALCHER) geht nicht hervor, auf welche Untersuchungen sich die Angaben stützen.

Es soll hier noch einmal darauf hingewiesen werden, daß das anatomische Substrat, das den Beobachtungen zugrunde liegt, nicht eindeutig festgelegt ist. Einerseits sollen Verknöcherung und Verkalkung nebeneinander vorkommen (BREUL; FISCHER), andererseits ist nach KING "Verkalkung" eine falsche Bezeichnung, da es sich um eine echte Verknöcherung handele.

Für HEINRICH bedeutet "VERKNÖCHERUNG" lediglich das Sichtbarwerden bestimmter, vorher nicht oder kaum darstellbarer Gebilde, eine Aussage über die histologische Struktur wollte er mit diesem Wort nicht machen. Offensichtlich in diesem Sinne verwenden die meisten Autoren beide Begriffe, den der Verkalkung und den der Verknöcherung, und wechseln zwischen ihnen (z.B. FULLY u. DEHOUVE "ossification" und "calcification"). Dieser Gebrauch wird beibehalten.

Nach einigen Lehrbüchern der gerichtlichen Medizin bzw. Rechtsmedizin beginnt die Rippenknorpelverknöcherung im 5. Lebensjahrzehnt (MUELLER; PONSOLD; PROKOP; WALCHER), manchmal auch schon früher (MUELLER; WALCHER) oder im 6. Dezennium (BERG). Bei FORSTER u. ROPOHL wird das 25. Lebensjahr angegeben, ebenso bei BREUL unter Berufung auf FULLY u. DEHOUVE.

[1] BÜRGER (histochemisch), BÜRGER u. SCHLOMKA (histochemisch, anatomisch u. radiologisch), FISCHER (2000 Thoraxröntgenaufnahmen von Frauen, 1000 von Männern, ferner 2200 Röntgenaufnahmen von Thorax und Abdomen, von jedem Geschlecht pro Dezennium 200, nach dem 7. Jahrzehnt je 100), FULLY u. DEHOUVE (radiologisch),HEINRICH (469 Thoraxröntgenaufnahmen Gesunder), KING (röntgenologisch und histologisch), KÖHLER (radiologisch) NAVANI et al. (radiologisch) RIEBEL(541 Fälle u. Röntgenbilder), RIST et al. (500 Röntgenaufnahmen), STEHR (radiologisch) VASTINE et al.(Röntgenuntersuchungen an eineiigen Zwillingen), WERNSCHEID (651 Fälle u. Röntgenbilder, Studien im Zusammenhang mit verschiedenen Arten von Lungentuberkulose).

Als frühesten Termin für den Beginn findet sich im radiologischen Schrifttum die Angabe WERNSCHEIDS über ein 9 Jahre altes Kind. Es wird allerdings nicht berichtet, an welchen Knorpeln die Verkalkung beobachtet wurde. (Am ersten Rippenknorpel soll -wie bereits erwähnt- Kalkeinlagerung früher eintreten, nach MICHELSEN soll sie vor dem 11. Lebensjahr beginnen). WERNSCHEID führt noch 2 weitere Kinder -ohne genaue Altersangabe- an, mit Verkalkung an den unteren Knorpeln.

Eine Reihe anderer Autoren (FISCHER[1]; HEINRICH [2]; KING; MOGGI[3]; NAVANI et al.[4]; RIEBEL[5]; VASTINE et al. beschrieben beginnende Verkalkung im zweiten, weitere (ERNST[6]; STEHR[6]; FULLY u. DEHOUVE[7]; KÖHLER[8]; im 3. Jahrzehnt. Nach RIST et al. findet sich Verknöcherung der Rippenknorpel unterhalb des ersten erst nach dem 30. Lebensjahr.

Detaillierte Angaben über die Zunahme der Verkalkung mit wachsendem Lebensalter finden sich besonders bei ERNST; FISCHER; HEINRICH; RIEBEL und NAVANI et al.

1) In 4% Verkalkung zwischen 15-19 Jahren, 21% von 20-24 und 24 % von 25-29 Jahren.- 2) In 2 % Verkalkung bis Ende des 2. Jahrzehnts bei Frauen, im 3. für beide Geschlechter zusammen 30,4 %, mit deutlichem Geschlechtsunterschied -42,2% für Männer u. 18,5% für Frauen-. - 3) Bei Lungentuberkulose fand M. Verkalkung nicht vor dem 19. Jahr, sonst ausgeprägte nicht vor dem 35. Lebensjahr. - 4) N. unterscheidet u.a.zwei Verkalkungsformen, den marginalen=männlichen Typ und den zentralen=weiblichen Typ; erster findet sich vor dem 20. Jahr in 3,3 %, zweiter in 45,2 % bei dem jeweiligen Geschlecht 5)9,1 % Verknöcherung bei gesunden Männern. - 6) Beginnende Verkalkung ab 20., bzw. nach dem 20. Jahr; von 2000 Fällen zeigten 1489 beginnende Verkalkung zu diesem Zeitpunkt(ERNST) 7) Nach Vollendung des 25. Lebensjahres kommt Verkalkung vor. 8) Bei über 25jährigen mehr oder weniger ausgedehnte oder sogar vollständige Verkalkung.

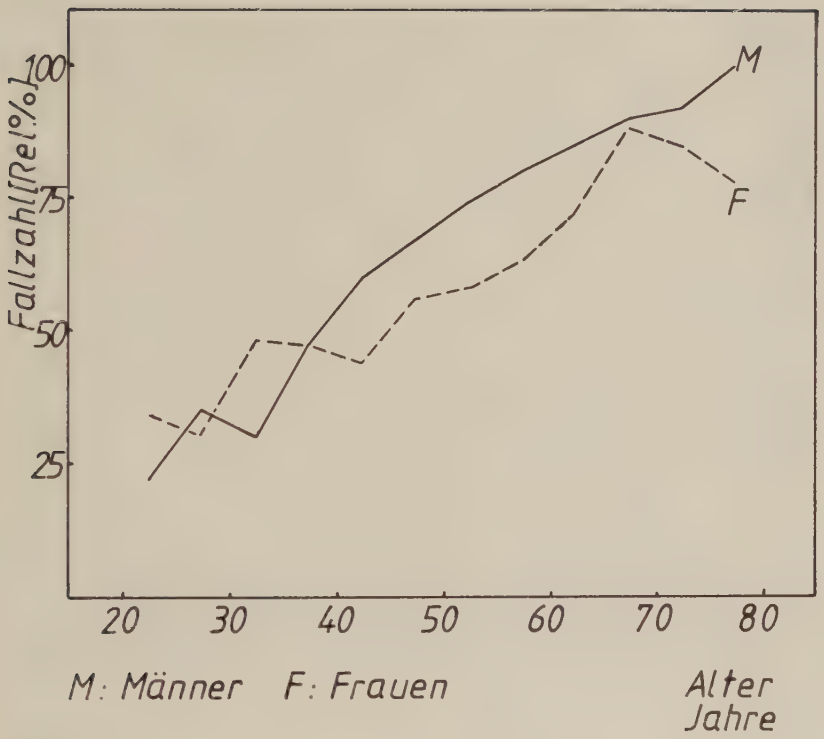

Abb. 1
Alter und Rippenknorpelverkalkung bei Männern und Frauen nach 2 Abb. von FISCHER.

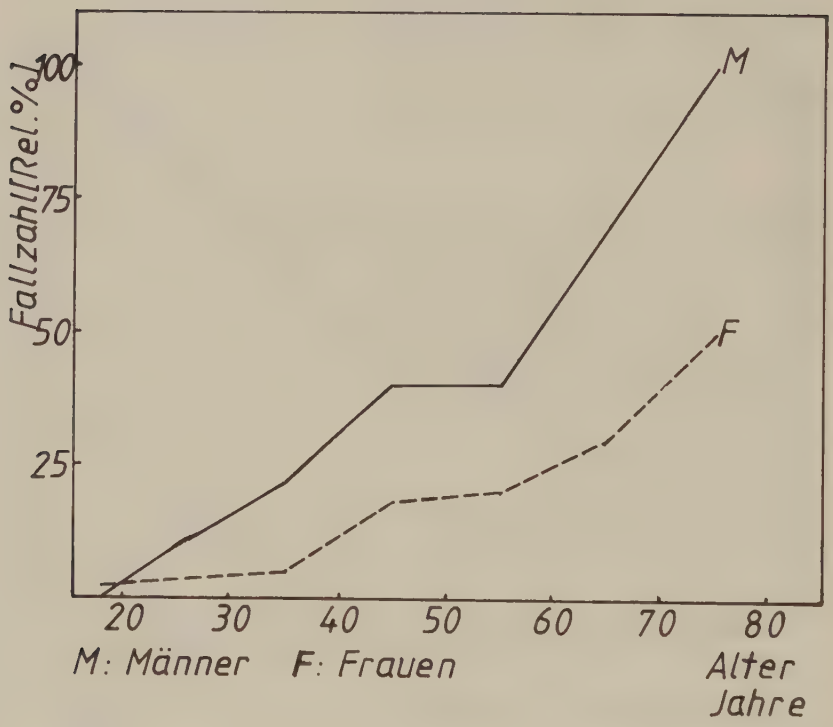

Abb. 2
Alter und Rippenknorpelverkalkung bei Männern und Frauen nach einer Abb. von HEINRICH.

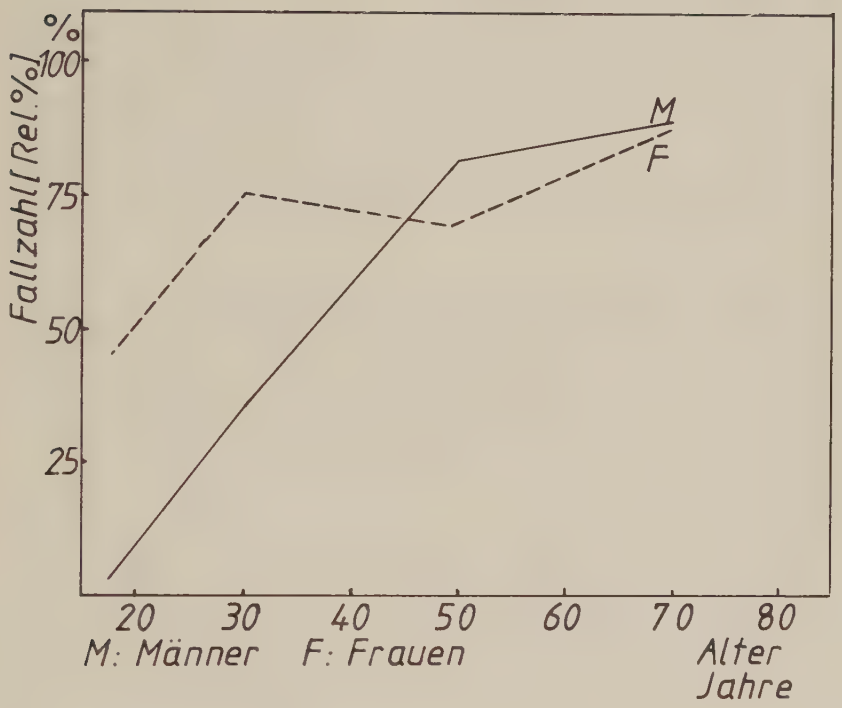

Abb. 3
Alter und Rippenknorpelverkalkung bei Männern (marginaler Typ) und Frauen (zentraler Typ), nach einer Tab. von NAVANI.

ERNST ordnete sein Material in drei Verhärtungsgrade ("beginnende", "mittelgradige" und "starke") und untersuchte, in welchem Lebensalter einer dieser Grade vorherrschte. Dabei ergab sich folgendes Bild:
Bei Männern fanden sich die meisten Fälle mit "beginnender" Verhärtung im Alter von 25, die mit "mittelgradiger" von 25 bis 65, die mit "starker" von 45 bis 50 Lebensjahren. Bei Frauen beobachtete er die Maxima der Schweregrade früher: "beginnende" Verhärtung im Alter zwischen 20 und 25, "mittelgradige" zwischen 25 und 30 und"starke" zwischen 20 und 25 Jahren.

Auch FISCHERS Angaben (Abb.1) lassen beim weiblichen Geschlecht auf einen früher einsetzenden und anfänglich auch intensiveren Prozeß schließen. Von der Mitte des 4. Jahrzehnts bleibt aber die Verhärtungsrate hinter der des männlichen Geschlechtes zurück. Beim letzteren wird im Alter von über 75 Jahren ein Anteil von 100%, bei Frauen von nicht ganz 80% erreicht.

HEINRICH (Abb.2) beschrieb ebenfalls für das weibliche Geschlecht ein früheres Einsetzen der Verkalkung, doch schon vom 3. Dezennium an ein langsameres Anwachsen als beim Mann. Bei diesem sind vom 80. Lebensjahr an alle Untersuchten betroffen, bei der Frau fand sich lediglich in der Hälfte der Fälle Verknöcherung.

NAVANI u. Mitarb. (Abb.3) fanden Verkalkung selten ("infrequent") bei Männern vor dem 20. Lebensjahr, bei Frauen allerdings schon in beträchtlichem Ausmaß (ca. 45%). Bis zum 5. Dezennium bleibt das weibliche Geschlecht führend. Im höheren Alter liegt bei beiden Geschlechtern der Anteil der Fälle mit Verkalkung in der gleichen Größenordnung (81-82% für Männer und 70% für Frauen im 5.-6., 89 und 88% im 7. Jahrzehnt und später), bei rund 10% fände sich

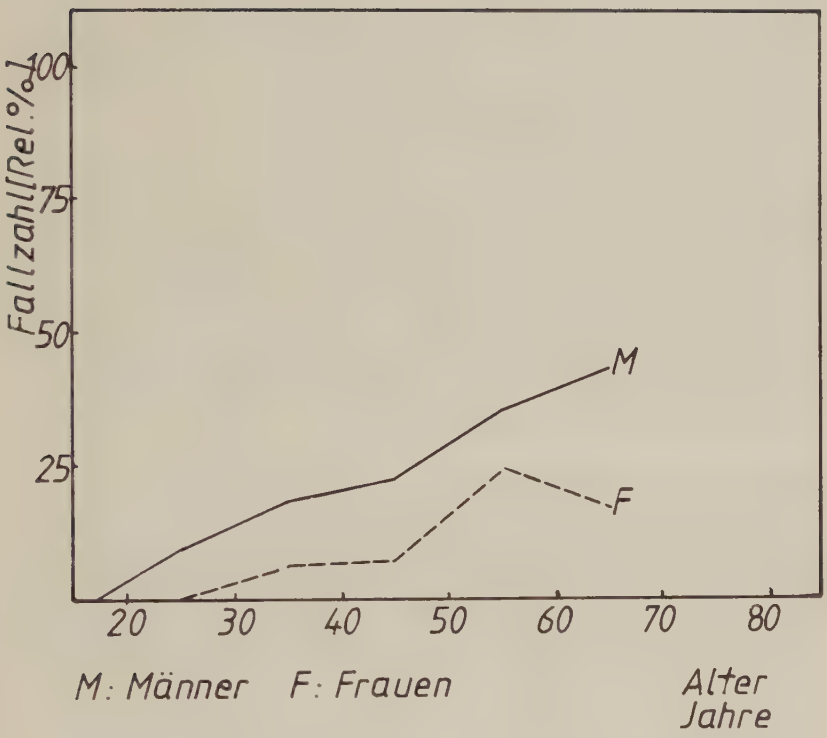

Abb. 4
Alter und Rippenknorpelverkalkung bei Männern und Frauen, nach 2 Tab. von RIEBEL.

danach auch im höheren Lebensalter keine Verknöcherung.

Nach RIEBEL (Abb.4) beginnt der Prozeß beim Mann früher als bei der Frau, diese bleibt in jeder Altersstufe hinter dem männlichen Geschlecht zurück.
Auch in höheren Lebensaltern sind höchstens 40% (Mann), bzw. 16-23% (Frau) betroffen.

KÖHLER allerdings konnte kein deutliches Fortschreiten der Rippenknorpelverknöcherung mit steigendem Lebensalter feststellen. Er fand sowohl Personen im jugendlichen Alter mit ausgeprägter (z.B. 22jährige Frau) als auch solche ohne jede Verkalkung im Greisenalter (z.B. Mann von 100 Jahren). Bei einigen wenigen Verlaufsserien, die sich über 10 Jahre erstreckten, beobachtete er nur eine geringfügige Zunahme der Verkalkung.

Die chemischen Untersuchungen von BÜRGER und SCHLOMKA zeigten eine zunehmende Stickstoffkonzentration (infolge Wasserverarmung) bis zum 50. Lebensjahr, danach Konstanz der Werte, eine Anreicherung von Cholesterin und Calcium, wobei der Cholesteringehalt vom 4. Jahrzehnt an ebenfalls konstant blieb. Calcium stieg weiter an bis ins 6. und 7. Dezennium (Untersuchungen im höheren Alter konnten die Autoren nicht vornehmen). Ein besonders starkes Anwachsen des Calciumgehaltes fand sich im 3. Jahrzehnt, zu gleicher Zeit konnten BÜRGER u. SCHLOMKA weder radiologisch noch makroskopisch Verkalkung feststellen.

D. Eigene Untersuchungen

I. Material und Methode

Es wurden 1106 Sektionsprotokolle eines Zeitraumes von 10 Jahren aus dem Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Düsseldorf ausgewertet. Von den sezierten Personen waren 779 männlichen und 327 weiblichen Geschlechtes. Es handelte sich ganz überwiegend um Verstorbene deutscher Staatsangehörigkeit. Berücksichtigt wurden nur solche, die älter als 18 Jahre geworden sind, und bei denen Angaben über den Verhärtungszustand der Rippenknorpel gemacht worden waren. Das Material wurde in 8 Altersklassen eingeteilt, mit Ausnahme der 18- bis 20jährigen wurden Gruppen von jeweils 10 Jahren gebildet.

Die Sektionen wurden von verschiedenen Obduzenten durchgeführt. Als Kriterium für den Stärkegrad wurde der "Kraftaufwand" gewählt, der aufgebracht werden mußte, um die Rippenknorpel mit dem Knorpelmesser oder der -schere zu durchtrennen. Verknöcherte Knorpel sind mit dem Messer nicht schneidbar.

Die mannigfaltigen Angaben der Obduzenten wurden zu vier, bzw. zu drei Graden zusammengefaßt:
keine, leichte, mittelgradige und starke.
"Keiner Verhärtung" entsprechen Feststellungen wie:
gut, leicht, alle schneidbar; weich; nicht verknöchert.
Unter "leichter Verhärtung" werden folgende Fälle zusammengefaßt:
nicht ganz leicht, etwas schwer, mäßig, einigermaßen, relativ gut, fast alle, überwiegend, größtenteils schneidbar; etwas, leicht verkalkt.

Unter der Rubrik "mittelgradige Verhärtung" sind zusammengefaßt:
schwer, teilweise, bzw. teilweise nicht, nicht mehr gut schneidbar; stellenweise, einige oder wenige verknöchert.
Unter "starke Verhärtung" fallen:
sehr schwer, kaum noch, gerade noch, zum größten Teil nicht schneidbar; fast vollständig, zum größten Teil verknöchert; ferner (entsprechend vollständiger Verhärtung) :
völlig, überall, deutlich, stark oder verknöchert.

Die Begriffe sind weder normiert noch immer sehr eindeutig. Eine Einteilung in mehr als die angegebenen Gruppen böte nicht die Gewähr, daß wirkliche Unterschiede zwischen den Graden bestehen, somit würde eine größere Genauigkeit vorgetäuscht als existiert.

Der Zustand des ersten Rippenknorpels konnte keine Berücksichtigung finden, da dieser üblicherweise zusammen mit der Clavikula -meist mit der Rippenschere- durchtrennt wird, somit Aussagen über seinen Verhärtungsgrad nicht vorliegen.

Der Einfluß von Erkrankungen, besonders der Thoraxorgane, ließ sich nicht mituntersuchen, da es bei einer ausreichenden Anzahl von Protokollen dafür keine hinreichenden Angaben gab.

Für die statistische Analyse werden den Verhärtungsgraden Zahlenwerte zugeordnet (siehe Tab. 1).

Verhärtungsgrad	Beschreibung
0	keine Verhärtung
1	leichte Verhärtung
2	mittelgradige Verhärtung
3	starke Verhärtung

Tab. 1: Zuordnung des Schneidbarkeitsgrades zu Zahlenwerten.

So lassen sich für die Altersklassen die arithmetischen Mittel (Klassenschwerpunkte) bilden :
diese nenne ich "durchschnittliche Verhärtung" der jeweiligen Altersgruppe
Sie sind der weiteren Analyse zugängig.

Dies arithmetische Mittel liegt als Klassenschwerpunkt in der Mitte eines Bereiches, in dem sich mit angebbarer statistischer Sicherheit der "wahre Wert" der mittleren Verhärtung befindet. Dieser Vertrauensbereich oder das Konfidenzintervall wird hier so gewählt, daß der "wahre Wert" mit 95 % statistischer Sicherheit in dem Konfidenzintervall liegt.

Um einen Trend aus Messungen genauer darzustellen, liegt es nahe, eine Regressionsanalyse durchzuführen. Dabei werden aus einzelnen Messungen an sich nicht oder nicht deutlich erkennbare Zusammenhänge zwischen zwei statistischen Größen dargestellt, also hier dem Lebensalter und dem Grad der Schneidbarkeit der Rippenknorpel. Verschiedene Regressionskurven sind möglich, sofern sie durch die Konfidenzbereiche verlaufen. Die Kurve mit dem günstigsten Korrelationskoeffizienten (der beste wäre 1) stellt die genaueste Beschreibung des gesuchten Trends dar.

Beim männlichen Geschlecht wird die Analyse als lineare, semi-exponentielle, exponentielle und logarithmische Regression durchgeführt, der zu erwartenden Ähnlichkeit wegen beim weiblichen nur als lineare und logarithmische Regression. [1)]

---

1) Die statistische Bearbeitung wurde von Herrn Dr.-Ing. M. KRAMER durchgeführt.

Lebensalter an Jahren	Männer						Frauen					
	Anzahl der Fälle	Verhärtungsgrad					Anzahl der Fälle	Verhärtungsgrad				
		0	1	2	3			0	1	2	3	
18-20	20	20 (100)					6	6 (100)				
21-30	138	127 (92)	4 (3)	1 (1)	6 (4)		48	47 (98)			1 (2)	
31-40	115	85 (74)	6 (5)	15 (13)	9 (8)		49	43 (88)	3 (6)	1 (2)	2 (4)	
41-50	133	77 (58)	8 (6)	23 (17)	25 (19)		57	45 (79)	3 (5)	4 (7)	5 (9)	
51-60	188	99 (53)	13 (7)	26 (14)	50 (26)		65	51 (79)	6 (9)	4 (6)	4 (6)	
61-70	125	62 (49)	11 (9)	16 (13)	36 (29)		54	35 (65)	2 (4)	4 (7)	13 (24)	
71-80	47	20 (43)	2 (4)	10 (21)	15 (32)		42	22 (52)	7 (17)	4 (10)	9 (21)	
81-90	13	6 (46)		2 (15)	5 (39)		6	6 (100)				

Tab.2: Verhärtungsgrade der Rippenknorpel in den jeweiligen Altersklassen
Ziffern in Klammern: relative Häufigkeit (%) (auf ganze Zahlen auf- bzw. abgerundet)
0: keine 1: leichte 2:mittelgradige 3: starke Verhärtung

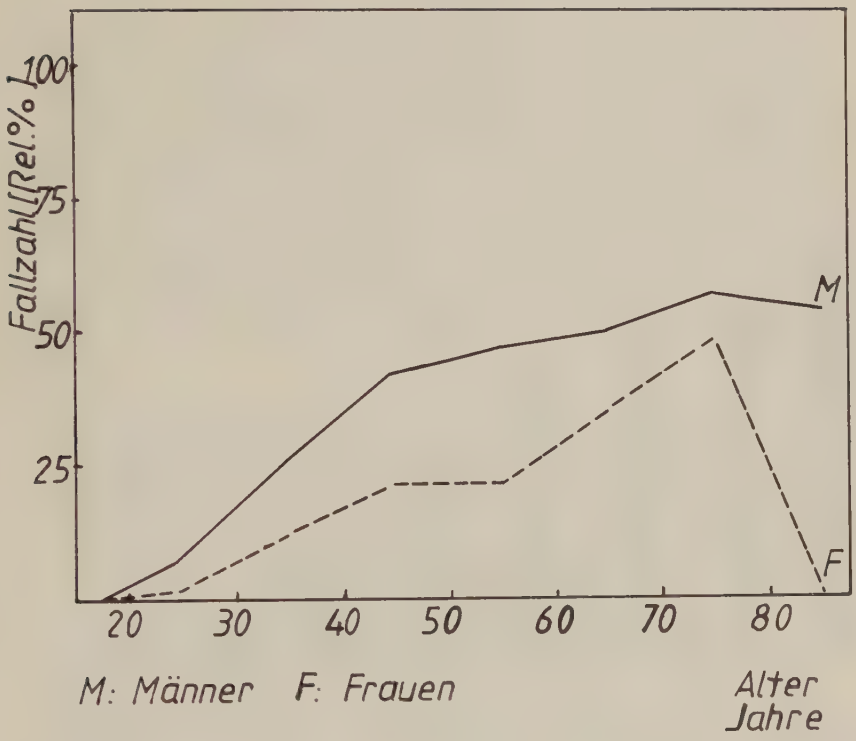

Abb. 5
Alter und Rippenknorpelverhärtung (Grade 1, 2 u. 3) bei Männern (n = 779) und Frauen (n = 327).

II. Untersuchungsergebnisse

Aus Tabelle 2 (s.S.18) ergibt sich, daß 64% [1] der 779 männlichen Leichen im Alter zwischen 18 und 90 Jahren keine Verhärtung an den Rippenknorpeln aufwiesen. Bei 6% war eine leichte, bei 12% eine mittelgradige und bei 19% eine starke festzustellen. Die Zahl der überprüften weiblichen Fälle war wesentlich geringer, sie betrug nur 327. In 78% der Fälle waren die Knorpel unauffällig, in 6% leicht, in 5% mittelgradig und in 10% stark verhärtet. Die Altersverteilung der Rippenknorpelverhärtung im vorliegenden Material zeigt Abb. 5

Bei 8% der Männer setzen die Veränderungen bereits im Alter zwischen 21 und 30 Jahren, bei 12% der Frauen ein Jahrzehnt später ein, wenn man von der einzigen Ausnahme im 3. Dezennium mit (starker) Verhärtung unter 48 Fällen absieht. Worauf dieser Einzelfall beruhte, ließ sich anhand des Sektionsprotokolls nicht klären.

Die Aufgliederung des Materials nach Verhärtungsgraden und Altersklassen habe ich in zwei Abbildungen für Männer und Frauen getrennt grafisch dargestellt. Bei den Männern (Abb. 6) steigerte sich die leichte Verhärtung vom 3. bis ins 6. Lebensjahrzehnt nur von 3% auf 7%. Anschließend war ein Absinken zugunsten der mittelgradigen und starken Verhärtung zu verzeichnen. Die mittelgradige Verhärtung nahm bis zu einem ersten Gipfel von 17% im 5. Dezennium zu, in den folgenden Jahrzehnten wechselhaftes Verhalten mit einem erneuten Anstieg auf den Maximalwert von 21% im 8. Jahrzehnt. Die starken Verhärtungsgrade steigerten sich von 4% im 3. auf 39% im 9. Dezennium.
Bei den Frauen (Abb. 7) wurden leichte Verhärtungen erst im 4. Jahrzehnt zu 6% beschrieben. Bis zum 60. Jahr (9%) kein deutlicher Anstieg, der Maximalwert von 17% trat im 8. Dezennium auf. Mittelgradige Verhärtungen ließen sich

---

[1] Alle Prozentwerte auf ganze Zahlen auf- bzw. abgerundet.

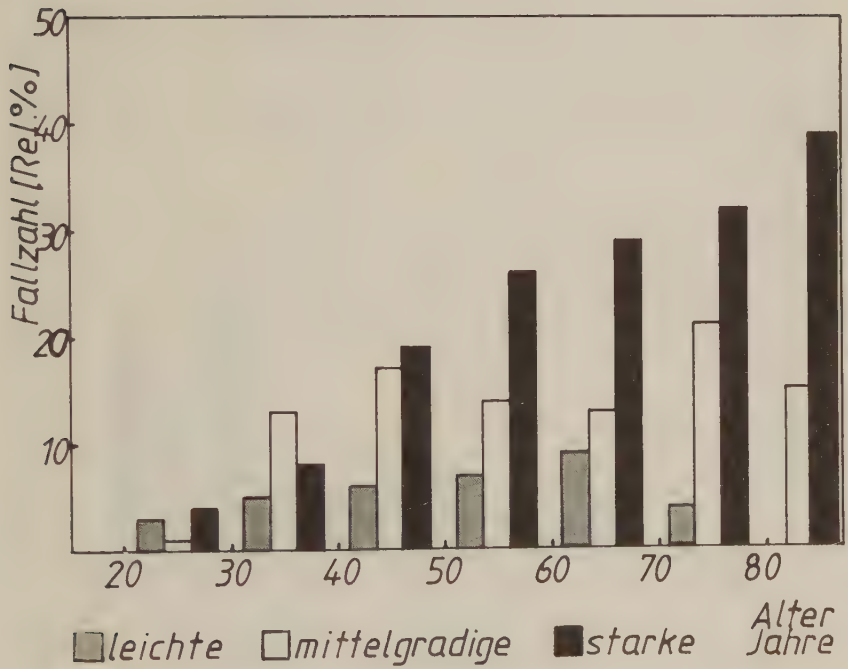

Abb. 6
Relative Häufigkeit der Verhärtungsgrade 1, 2 und 3 bei Männern (n = 779) in den Altersklassen.

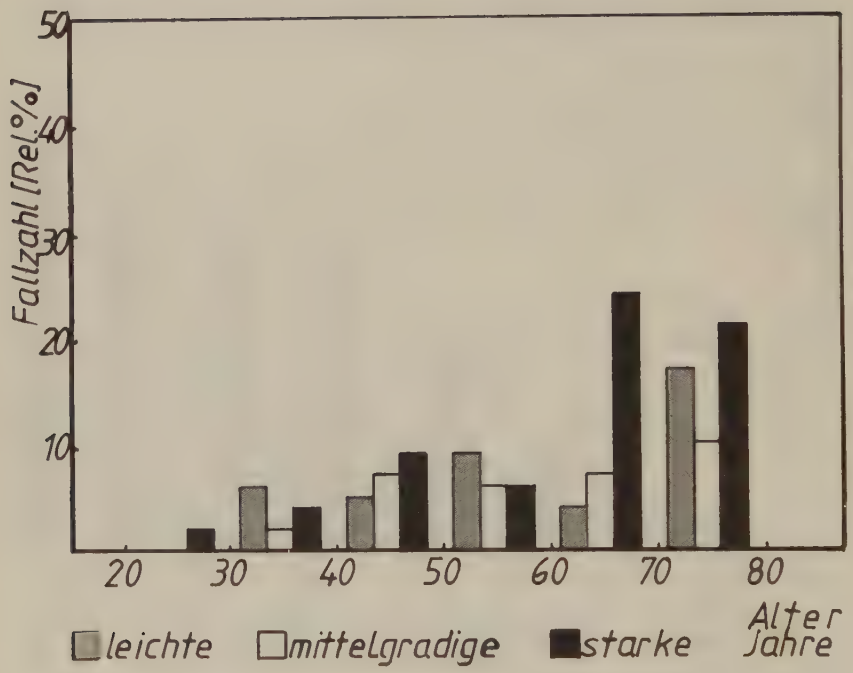

Abb. 7
Relative Häufigkeit der Verhärtungsgrade 1, 2 und 3 bei Frauen (n = 327) in den Altersklassen.

ebenfalls erst im 4. Lebensjahrzehnt beobachten (2%). Nach einem Anstieg auf 7% im 5. blieb in den folgenden Jahrzehnten der Anteil etwa konstant, stieg dann noch einmal leicht an (10%) im Alter von 71 - 80 Jahren.

Wie bereits erwähnt, fand sich der erste Fall mit starker Verhärtung unter 47 Fällen im 3. Jahrzehnt. Auch in dieser Kategorie läßt sich mit Ausnahme des 6. und 8. Dezenniums eine Steigerung bis auf 24% im 7. Jahrzehnt nachweisen.

Auf welchem Phänomen die 6 Fälle im Alter über 80 Jahren beruhen, welche angeblich nicht verhärtet, verkalkt oder verknöchert waren, konnte anhand der Protokolle nicht ermittelt werden. Möglicherweise handelt es sich hier um eine geschlechtsgebundene Erscheinung.

Berechnet man für jede Altersgruppe die durchschnittliche Verhärtung, findet man bei Männern (Tab. 3) ein ständiges Anwachsen, der Maximalwert wird mit 1,462 im 9. Lebensjahrzehnt erreicht. Bei Frauen (Tab. 4) sind die Werte in allen Altersklassen geringer als beim männlichen Geschlecht, maximal wird eine durchschnittliche Verhärtung von 1,0 im Alter zwischen 70 und 80 Jahren erreicht.

Alters-klasse	durchschnitt-liche Verhärtung	Standard-abweichung	Konfidenzbereich stat. Sicherheit 95% von	bis
18-20	0			
21-30	0,174	0,650	0,082	0,266
31-40	0,548	0,993	0,394	0,702
41-50	0,969	1,231	0,793	1,147
51-60	1,144	1,310	0,986	1,301
61-70	1,208	1,322	1,012	1,404
71-80	1,426	1,331	1,099	1,752
81-90	1,462	1,450	0,746	2,177

Tab. 3: Durchschnittliche Verhärtung bei Männern

Alters-klasse	durchschnitt-liche Verhärtung	Standard-abweichung	Konfidenzbereich stat. Sicherheit 95% von	bis
18-20	0			
21-30	0,0625	0,433	0	0,1675
31-40	0,2245	0,685	0,060	0,3889
41-50	0,4561	0,965	0,241	0,6710
51-60	0,4000	0,862	0,220	0,5800
61-70	0,9074	1,307	0,609	1,2060
71-80	1,0000	1,230	0,681	1,3190
81-90	0			

Tab. 4: Durchschnittliche Verhärtung bei Frauen

Dieser aus den Tab. 3 und 4 erkennbare Trend wird durch die Ergebnisse der Regressionsanalyse erhärtet. Die Resultate

sind in den Tab. 5 und 6 zusammengefaßt.

Regressionsform	Korrelations-koeffizienz"r"	Regressionsfunktion
linear	0,9540	VG=-0,161 + 0,021·LA
semi-exponentiell	0,8612	VG= 0,1553·1,0308·LA
exponentiell	0,8987	VG= 0,000374·LA^2
logarithmisch (Sättigungs-funktion)	0,9925	VG=-3,108+1,044·ln(LA)

Tab. 5: Regressionsformen für die durchschnittliche Verhärtung bei Männern

(VG: Verhärtungsgrad LA: Lebensalter in Jahren)

Für Männer passen die Klassenmittelpunkte am besten zu einer Sättigungskurve; die zweitbeste Möglichkeit ist eine lineare Regression (Abb. 8) Das heißt, die Verhärtung der Rippenknorpel beim Mann nimmt mit dem Lebensalter zu, sie wächst mit dem natürlichen Logarithmus des Lebensalters und strebt dabei einem Endwert zu.

Der Anstieg der Mittelwerte bei der Frau ist signifikant geringer als beim Mann, die Konfidenzbereiche überdecken sich bis zum 60. Lebensjahr nicht und danach nur teilweise (Abb. 8 u. 9). Auch beim weiblichen Geschlecht ergeben sich sehr hohe Korrelationskoeffizienten für die lineare und logarithmische Regression, allerdings paßt eine lineare Regression besser zu den ermittelten Werten (Tab. 6 u. Abb. 9).

Regressionsform	Korrelations-koeffizient"r"	Regressionsfunktion
linear	0,9597	VG=-0,4459+0,0191·LA
logarithmisch (Sättigungs-funktion)	0,9310	VG=-2,7583+0,849·ln(LA)

Tab. 6: Regressionsformen für die durchschnittliche Verhärtung bei Frauen

(VG: Verhärtungsgrad LA: Lebensalter in Jahren)

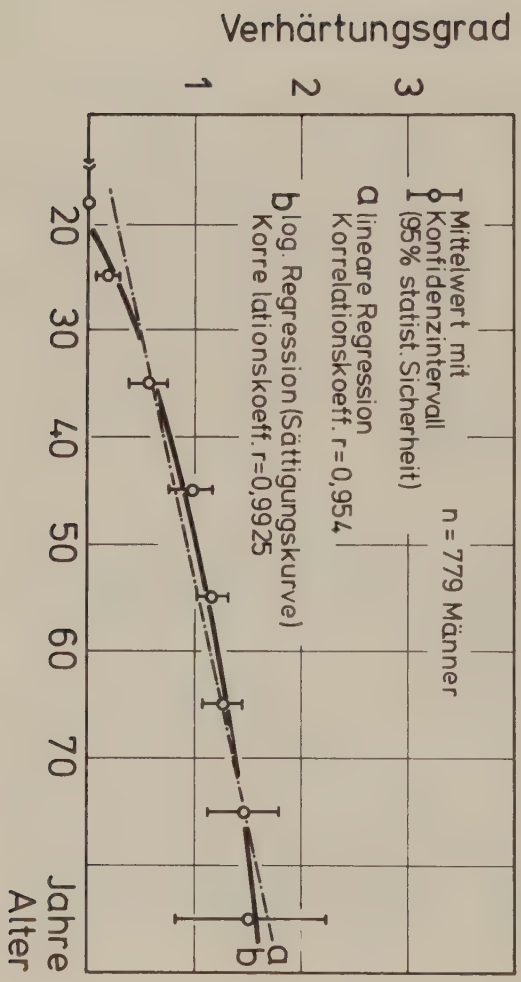

Abb. 8
Regression der "durchschnittlichen Verhärtung" auf das Lebensalter bei Männern (n = 779). Werte der Koeffizienten für lineare und logarithmische Regressionsfunktionen in Tab. 5 .

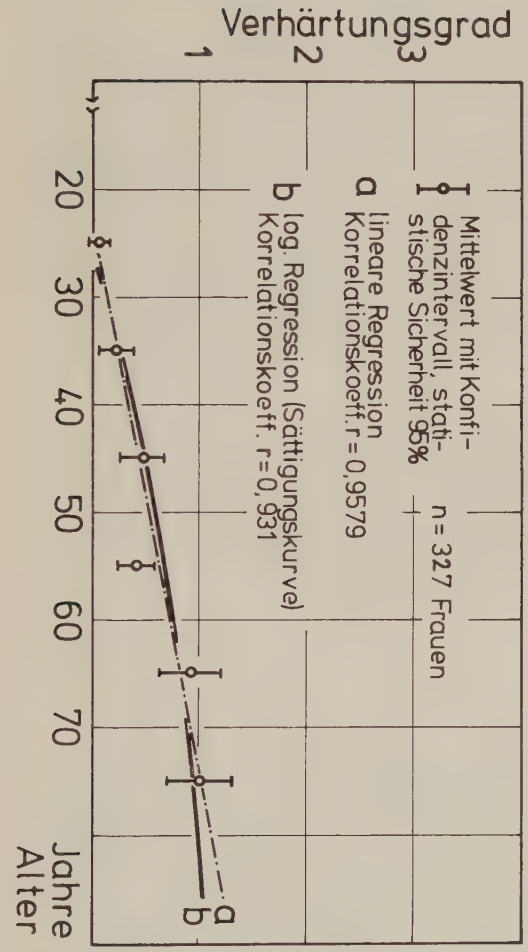

Abb. 9
Regression der "durchschnittlichen Verhärtung" auf das Lebensalter bei Frauen (n = 327). Werte der Koeffizienten für lineare und logarithmische Regressionsfunktionen in Tab. 6 .

Da aber wohl keine tendenziellen Unterschiede zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht bestehen, wird ebenfalls die logarithmische Regressionskurve zur Beschreibung der Verhärtung bei der Frau als gültig angesehen.
Auffällig ist, daß der Mittelwert samt Konfidenzbereich der Altersklasse der 51-60jährigen vom Bild der übrigen abweicht (Abb. 9). Da die Zuordnung der verbalen Angaben zu den Verhärtungsgraden genau so gehandhabt wurde wie in den übrigen Altersklassen, müßte eine Anomalie im Material vorliegen, deren Ursache nicht ermittelt werden konnte.
Die Verhärtung steigt also ebenfalls mit dem Lebensalter an bzw. mit dem natürlichen Logarithmus und strebt einem Endwert zu. Der Verhärtungsgrad ist geringer als beim Mann (ca. 15%).

Die beiden Regressionsgeraden "a" der Abb. 8 u. 9 zeigen eine sehr flache Steigung (0,02101 für Männer und 0,0191 für Frauen). Demnach nimmt die Rippenknorpelverhärtung (wie sie sich mit der genannten Methode nachweisen läßt) nur sehr langsam mit dem Lebensalter zu.

E. Diskussion

Die gerichtsmedizinische Lehre geht dahin, daß die Rippenknorpel von einem bestimmten Lebensalter an "verknöchern". Dieser Vorgang soll -wie bereits erwähnt- z.B. nach MUELLER und PROKOP im 5., nach BERG erst im 6. Jahrzehnt beginnen. Nach radiologischen Untersuchungen, z.B. von FULLY u. DEHOUVE; HEINRICH; FISCHER; ERNST; NAVANI et al. und RIEBEL beginnt dieser Prozeß schon früher; ebenso nach FORSTER u. ROPOHL und BREUL. Soweit ich mir nach Würdigung der teilweise widersprüchlichen Literatur ein unmaßgebliches Urteil erlauben kann, scheinen die röntgenologischen

Studien zuverlässiger zu sein als diejenigen Angaben in der gerichtsmedizinischen Literatur, die die Verknöcherung in die höheren Lebensalter verlegen. Das radiologische Schrifttum geht im großen und ganzen davon aus, daß nach dem 20. Lebensjahr die Verkalkung, d.h. die Verhärtung der Rippenknorpel beginnt, spätestens aber bis zum 30. Lebensjahr. Es kann dabei m.E. dahingestellt bleiben, ob, wie z.B. ERNST und FISCHER meinen, das weibliche Geschlecht bis zum Ende des 3. Dezenniums überwiegt. FISCHER, HEINRICH, NAVANI et al. und RIEBEL konnten Beziehungen zwischen Lebensalter und Verkalkung aufzeigen (Abb.1-4). Abgesehen von den Anfangsstadien im 3. und 4. Dezennium bei FISCHER führt sonst bei den Autoren FISCHER; HEINRICH und RIEBEL das männliche Geschlecht. Im 8. Jahrzehnt wurde sogar eine Quote von 100% festgestellt (HEINRICH), bei Frauen lag der maximale Anteil bei 80% (FISCHER). Beim weiteren Vergleich der Untersuchungsergebnisse ist bemerkenswert, daß keine Übereinstimmung besteht insofern, als einmal FISCHER die Verkalkung in den jeweiligen Dezennien deutlich häufiger beobachtet als HEINRICH oder gar RIEBEL, zum anderen NAVANI u. Mitarb. Verknöcherung bei der Frau erheblich früher und häufiger feststellen konnten als die anderen Untersucher.

Im Gegensatz zu den röntgenologischen Untersuchungen -mit Ausnahme der von RIEBEL- wurde eine Verhärtung der Rippenknorpel im vorliegenden Material erheblich seltener beobachtet (Abb.5). Der Anteil der Fälle mit Verhärtung betrug z.B. im 8. Dezennium bei Männern nur 57%, bei Frauen lediglich 48%. Dies kann methodisch bedingt sein, indem man im Röntgenbild Veränderungen im Sinne einer Verkalkung oder Verknöcherung eher erkennen kann, als bei grobmechanischer Prüfung, d.h. Feststellen der Resistenz des Rippenknorpels

gegenüber dem Knorpelmesser oder der Rippenschere. In der gerichtsmedizinischen Praxis ist bisher dieser Test noch anerkannt, er wird als Kriterium mit zur "Altersbestimmung" eines unbekannten Toten herangezogen. Für mich stellte sich daher die Frage, ob und inwieweit der Grad der Schneidbarkeit der Rippenknorpel eine einigermaßen zuverlässige Altersschätzung gestattet. Meines Wissens sind darüber noch keine systematischen Untersuchungen durchgeführt worden.

In Übereinstimmung mit der radiologischen Literatur kann ich bestätigen, daß die Verhärtung bei beiden Geschlechtern bereits im 3. Jahrzehnt beginnen kann. Beim weiblichen Geschlecht sprechen die Ergebnisse dafür, daß der Prozeß erst im 4. Lebensdezennium einsetzt. Die eigenen Untersuchungen lassen in keinem Lebensalter erkennen, daß das weibliche Geschlecht dem männlichen mit der Verhärtung vorangeht; die Regressionskurven weisen in allen Altersklassen bei der Frau geringere Werte aus. Mit zunehmendem Alter steigt sowohl die Anzahl der Betroffenen als auch der Verhärtungsgrad. Wie die Abb. 8 u. 9 zeigen, findet nur ein geringgradiges Anwachsen statt, das nur bei Betrachtung längerer Zeiträume sichtbar wird. Auch KÖHLER hatte bei seinen Verlaufsstudien über 10 Jahre nur eine geringe Zunahme der Verkalkung beobachtet. Ein zuverlässiges Abschätzen des Lebensalters aus der Stärke der vorgefundenen Verhärtung erscheint somit nicht möglich.

Wie aus Tab. 2 und Abb. 6 u. 7 hervorgeht, können schon im 4. Jahrzehnt bei beiden Geschlechtern starke Knorpelverhärtungen auftreten (8% beim Mann und 4% bei der Frau). - Möglicherweise spielen in diesem Lebensalter pathologische Vorgänge an den Atmungsorganen eine Rolle.- Andererseits kann man trotz "weicher" Rippenknorpel ein höheres, u.U. sogar Greisenalter nicht ausschließen, da auch im höchsten

Alter (81-90 Jahre) 46% der Männer und 100% der Frauen keine -mit dem genannten Test feststellbare- Verhärtung aufweisen. Zudem kann man aus der Analyse des Materials und den Erkenntnissen über die Genese der Rippenknorpelverhärtung (hier ist besonders VASTINE et al. zu erwähnen) folgern, daß dieser Vorgang bei einem Einzel-Individium, wenn er überhaupt auftritt, nicht bis zu einem Endstadium der völligen Verknöcherung abläuft, sondern einen individuellen Endpunkt hat, z.B. lediglich den einer leichten Verhärtung.

Für die forensisch-medizinische Praxis ergibt sich daraus, daß die mechanische Überprüfung der Rippenknorpelhärte keine zuverlässige Methode zur Altersschätzung darstellt. Da diese Methode zudem sehr wahrscheinlich dem Röntgenbild in der Darstellung der Verhärtung unterlegen ist -nach BREUL ist Röntgentechnik die Methode der Wahl, um Knorpelveränderungen beurteilen zu können-, ist die radiologische Untersuchung vorzuziehen, wenn man auf die Veränderungen an den Rippenknorpeln bei der Altersschätzung unbekannter Toter nicht verzichten will. Ihnen kommt aber nur der Rang eines Hilfsmittels unter vielen anderen, aussagekräftigeren Untersuchungsmethoden am Skelett und an den Organen, speziell dem Gefäßsystem, zu.

Weder mit meinen Untersuchungen noch mit dem angeführten Schrifttum stimmen die Angaben in einigen Lehrbüchern der Rechtsmedizin bzw. Gerichtlichen Medizin über das Auftreten der "Verknöcherung" der Rippenknorpel überein.

F. Zusammenfassung

1. Der Grad der Schneidbarkeit der Rippenknorpel wurde anhand der Sektionsprotokolle von 779 Männern und 327 Frauen überprüft. Bei rund 64% der männlichen und 78% der weiblichen Leichen wurde keine Verhärtung festgestellt.

2. Verhärtung kann bei Männern schon im 3. Lebensjahrzehnt einsetzen (8%), bei Frauen im 4. (12%).

3. Mit steigendem Lebensalter wächst bei beiden Geschlechtern sowohl die Anzahl der Fälle mit Verhärtung als auch die Stärke. Der Anstieg ist sehr geringgradig und strebt einem Endwert zu. Beim weiblichen Geschlecht findet sich in allen Altersklassen eine geringere Verhärtung als beim Mann (ca. 15%).

4. Im 8. Jahrzehnt erreicht der Anteil der betroffenen Männer einen Maximalwert von rund 57%, der der Frauen liegt bei rund 48% im gleichen Alter. Die maximale "durchschnittliche Verhärtung" findet sich mit 1,462 beim männlichen Geschlecht im 9. Lebensdezennium, beim weiblichen mit 1,0 im Alter zwischen dem 71. und 80. Lebensjahr.

5. Die ermittelten Werte liegen unter denen der meisten radiologischen Untersuchungen.

6. Die Angaben über die "Rippenknorpelverknöcherung" in einigen Lehrbüchern der Gerichtsmedizin stimmen weder mit meinen noch den röntgenologischen Untersuchungen überein.

7. Der routinemäßige manuelle Test ist kein zuverlässiges Hilfsmittel für die Alterseinschätzung einer unbekannten Leiche.

G. Literaturverzeichnis

BENNINGHOFF, A. u. K. GOERTLER : Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 8. Aufl., Band I Urban u. Schwarzenberg, Berlin 1961, s. 50, 53, 138.

BERG, St. P. : Grundriß der Rechtsmedizin. 11. Aufl. Müller u. Steinicke, München 1976, S. 154.

BIERICH, J. R. : Über das adreno-genitale Syndrom im Kindesalter. Ann. Paediatr. 177, 241 (1951)

BREUL, D. : Methoden der Geschlechts-, Körperlängen- und Lebensaltersgestimmung von Skelettfunden. In: Arbeitsmethoden der medizin. u. naturwissenschaftl. Kriminalistik, Band 12. Schmidt-Römhild, Lübeck 1974, S. 88

BÜRGER, M. : Über den quantitativen Cholesterin- und Stickstoffgehalt des Knorpels in den verschiedenen Lebensaltern und seine Bedeutung in der Physiologie des Alterns. Verh. Dtsch. Ges. Inn. Med. 38, 352 (1926).

Altern und Krankheit. 1. Aufl. Thieme, Leipzig 1947, S. 44.

BÜRGER, M. u. G. SCHLOMKA : Beiträge zur physiologischen Chemie des Alterns der Gewebe 1.Mitt.: Untersuchungen am menschlichen Rippenknorpel. Zschr. ges. exper. Med. 55, 287 u. 63, 105 (1927).

ERNST, G. : Verkalkungsvorgänge an den Rippenknorpeln. Fschr. Röntgenstr. 39 Heft 4, 485 (1929).

FISCHER, E. : Verkalkungsformen der Rippenknorpel. Fschr. Röntgenstr. 82, 474 (1955)

Rippen- und Bronchialknorpelverkalkung im Alter. Zschr. Altersforschung 8, 144 (1954).

FORSTER, B. u. D. ROPOHL : Rechtsmedizin. Enke, Stuttgart 1976, S. 42.

FREUND, W.A. : Zusammenhang zwischen gewissen Lungenerkrankungen und Rippenknorpelanomalien. Erlangen 1858, zit. nach STEHR.

FULLY, G. et A. DEHOUVE : Renseignements apportes dans la détermination de l'age par l'étude anatomique et radiologique du sternum et des côtes. Ann. méd. lég. 45, 469 (1965).

GOUBEAUD, G. : Untersuchungen zur Veränderung des Nichtkollagenproteins in der Interzellularsubstanz des hyalinen Knorpels. Gießen 1967, zit. nach PLATT.

HAMPERL, H. : Lehrbuch der allgemeinen Pathologie und der pathologischen Anatomie. 27. Aufl., Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1966, S. 559.

HEINRICH, H. : Altersvorgänge im Röntgenbild: Verknöcherung der Rippenknorpel. Thieme, Leipzig 1941, S. 61.

HUYSSEN, Ch. H. : Untersuchungen zur Frage des Zusammenhanges der Rippenknorpel- und Gefäßverkalkung (im Sinne einer Arteriosklerose). Schw. Med. Wschr. 44, 1010 u. 45, 1037 (1924) .

IMHÄUSER, G. : Beitrag zur Frage der Rippenknorpelverkalkung. Arch. Orthop. u. Unfall-Chirurgie 40, 538 (1940).

KING, J. B. : Calcification of costal cartilages. Brit. J. Radiol. 12, 2 (1939).

KÖHLER, A. u. E.A. Zimmer: Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbilde des Skelettes. 10. Aufl. Thieme, Stuttgart 1956, S. 185.

KRÖZ, W. u. E. BUDDECKE : Chemische und makromolekulare Altersveränderungen von Polysaccharidproteinen aus menschlichen Rippenknorpeln. zit. nach PLATT.

LANGE, K.H. : Rippen und Brustbein in ihren funktionellen Verknüpfungen. Morphol. Jahrb. 73, 355 (1934).

MICHELSEN, N. : The calcification of the first costal cartilage among Whites and Negroes. Human. Biol. 6, 543 (1939).

MOGGI, B. : Bewertung der frühzeitigen Verkalkung des 1. Rippenknorpels. La Radiol. Med. 12/2, 79 (1925).

MOLLER, FLEMMING P. : Chronic fluorine poisoning seen from the roentgenological standpoint. Brit. J. Radiol. 12, 13 (1939).

MUELLER, B. : Gerichtliche Medizin. Springer, Berlin 1953, S. 149.

NAVANI, S. SHAH. J. R. and P.S. LEVY Determination of sex by costal cartilage calcification. Amer. J. Roentgenol. CVIII, 4, 771 (1970).

PLATT, D.: Mucopolysaccharidstoffwechsel des hyalinen Knorpels. Colloquium 3, Luitpolt-Werk, München 1971.

PONSOLD, A. : "Knochen" In: Handwörterbuch der gerichtl. Medizin u. naturwissenschaftl. Kriminalistik von F. v. Neureiter, F. Pietrusky, E. Schütt. Springer, Berlin 1940, S. 399.

PROKOP, O. u. W. GÖHLER : Forensische Medizin. 3. Aufl., Fischer, Stuttgart-New York 1976, S. 537.

RIEBEL, F. : Ossification of the costal cartilages. Their relation to habitus and disease. Amer. J. Roentgenol. 21, 44 (1929)

RIST, E., GALLY, L. et F. TROMCE L'ossification des cartilages costeaux dans l'espece humaine; étude d'anatomo-radiologie statistique. Press. med. XXXVI, 41, 641 (1928), zit. nach Zbl. Radiol. 5, 620 (1928).

SCHULTZE, W.H. : Über die Verknöcherung des 1. Rippenknorpels. Zbl. Pathol. Sonderband zu 33, 260 (1923). Anomalien des 1. Rippenringes und Lungentuberkulose. Beitr. klin. Tbk. 26, 205 (1913).

SILBERBERG, M. and SILBERBERG, R. : Effects of endocrines on age changes in the epiphyseal and articular cartilages. Endocrinology 31, 410 (1942).

SIMPSON, M.E., KIBRIK, E.A. BECKS, H. and H.M. EVANS : Effects of cristalline estrin implants on the proximal tibia and costochondral junction of young female rats. Endocrinology 30, 286 (1942)

STEHR, L. : Über die Verkalkung der Rippenknorpel und ihre Einwirkung auf die Brustatmung. Fsch. Röntgenstr. 54, 360 (1936).

VASTINE, J.H. II, VASTINE, M.F. and O. ARANGO : Genetic influence on osseous development with particular reference to the deposite of calcium in the costal cartilage. Amer. J. Roentgenol. 59/2, 213 (1948).

WALCHER, K. : Gerichtsärztliche Untersuchung von Skelett-Teilen. In : Abderhalten, E.: Handbuch der biol. Arbeitsmethoden, Methoden der gerichtl. Medizin und Kriminalistik, Abt. IV Teil 12,II. Urban und Schwarzenberg, Berlin 1934, S. 49.

WERNSCHEID, H. : Über die Verknöcherung der Rippenknorpel, bes. des 1. Rippenknorpels, im Röntgenbild bei Lungentuberkulose. Med. Klin. 19, 572 (1923).

WIESNER, B. : Frühzeitige allgemeine Verknöcherung der Rippenknorpel - eine Röntgenschädigung ? Münch. Med. Wschr. 21, 1124 (1910)

Ich danke Herrn Professor Dr. Reh für die Vergabe des Themas und seine geduldige Unterstützung bei dieser Arbeit, ferner meinem Bruder, Herrn Dr.-Ing. Martin Kramer, für die statistische Beratung.

Lebenslauf

Am 29. Mai 1942 wurde ich als zweites Kind des kaufmännischen Angestellten Heinrich Kramer und seiner Ehefrau Gertrud geb. Riediger in Berlin geboren. Mein Vater ist im zweiten Weltkrieg gefallen.

Das Abitur bestand ich 1963 am Neusprachlichen Gymnasium Aue in Wuppertal-Elberfeld. 1963 begann ich an der Universität zu Köln das Medizinstudium und legte hier 1964 die naturwissenschaftliche und 1966 die ärztliche Vorprüfung ab. Nach dem ersten klinischen Semester wechselte ich zur Universität Düsseldorf, dort beendete ich mein Studium 1969 mit dem Staatsexamen.

Die Medizinalassistentenzeit absolvierte ich am St. Joseph-Krankenhaus in Wuppertal-Elberfeld und am St. Petrus-Krankenhaus der Kliniken St. Antonius in Wuppertal-Barmen.

Im Februar 1971 erhielt ich die Approbation als Arzt. Danach war ich zunächst als Assistent in einer Allgemeinpraxis, anschließend als Assistenzarzt an der Medizinischen Klinik des Ferdinand-Sauerbruch-Klinikums der Kliniken der Stadt Wuppertal tätig. Unterbrochen wurde diese Zeit durch den Wehrdienst, den ich als Stabsarzt der Reserve beendete. Im Verlauf meiner Weiterbildung zum Arzt für Allgemeinmedizin arbeite ich danach für ein Jahr an der Gynäkologisch-Geburtshilflichen Klinik der Kliniken St. Antonius in Wuppertal, seit 1976 an der Kinderklinik des Klinikums Barmen der Kliniken der Stadt Wuppertal.

Im Dezember 1977 habe ich geheiratet.